

## 昆虫幼虫の腦損傷と旋回運動について

二 宮 榮 一

著者は曩に双翅目<sup>9)</sup>及び直翅目<sup>10)</sup>成虫の中脳前大脳 (Median protocerebrum) の一方側の損傷或は破壊が非損傷側への永久的なサーカス運動 (Permanent circus movement) 乃至時計運動 (Uhrzeigerbewegung, Clock-hand movement) を行わしめ而もその旋回運動は視覚に基く走光性定位機制によるに非ずして損傷側自身に基因する強制運動 (forced movement) なることを確め得たが、本報告は昆虫幼虫に於ける此種強制運動の有無を検すべく行つた實驗の結果である。

**實驗材料及方法** 凡て野外の甘藍に自然發育せるモンシロテフ (*Pieris rapae* L.) の第五令幼虫を用い、腦 (cerebrum) の損傷手術には針先を用い、頭部中縫線と前頭三角板の頂點との交點に近い右側或は左側の點より垂直に針先を刺入れて針先を軽く前後に動かすことによつて腦を損傷した。本種幼虫の頭部及腦の細小なる爲めに手術が少々困難であるので解剖顯微鏡下に於て特に頭内部の消化管や胸部を傷めぬように行つたが、手術の反復は多量の出血を招き生理的にも支障を來すと共に腦の位置の移動によつて不成功に終ることが多い故に損傷手術は只一回にして成功せる個体のみをデータに採用した。供試個体数は 295頭、實驗温度は 17—25°C、關係湿度は 74—94%の範圍であつた。

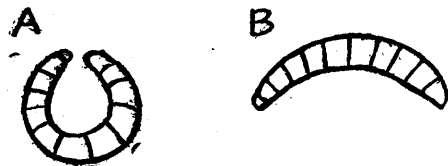
**實驗結果** 腦の左右孰れか一方側を損傷した個体は直ちに必ず体を非損傷側へ彎曲せしめ、弧狀をなすか、輪狀をなして静止し、一定時經過の後始めて自發的に歩行を開始する。即第 1 表の如く腦の右側に損傷を與えた個体は左旋サーカス運動を又左側に損傷を與えた個体は右旋サーカス運動を行い所謂永久的なサーカス運動を行うのを見た。而して此のサーカス運動の体形には 2型あつて假に之を (1) 圓輪型 (Ring-type) (第1圖 A)、(2) 圓弧型 (Arc-type) (第1圖 B) と呼稱するならば、圓輪型は頭部が常に自己の腹端を追うが如く体全体が圓輪

第 1 表 腦損傷部位と旋回方向

個体數	腦損傷部位		サーカス運動方向		計
	右側	左側	右旋	左旋	
60	60	—	—	60	60
60	—	60	60	—	60
計					120

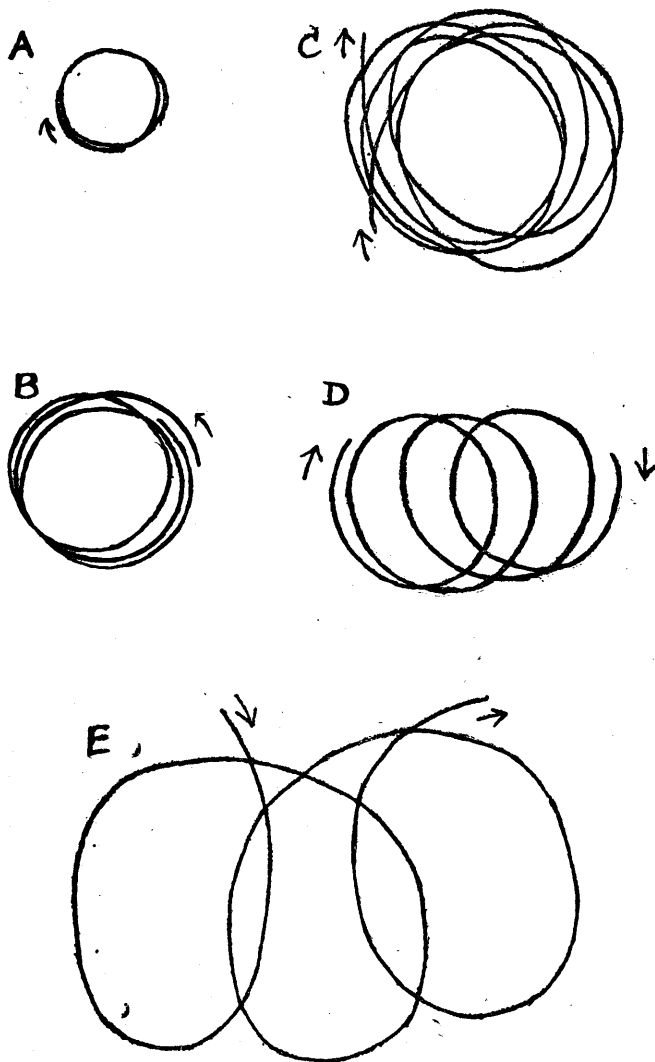
第 1 圖 A 圓輪型

B 圓弧型



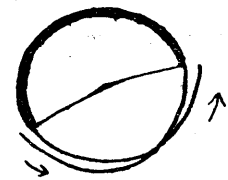
をなして旋回し (第1圖 A, 第2圖 A) 圓弧型は全体長が圓周の一部の如く彎曲してサーカス馬の如く旋回する形式 (第1圖 B, 第2圖 B, C) であつて、其サーカス運動の半径は前者の方が後者の場合より小である。サーカス運動の進路を追跡するときは嚴格なる意味で文字通寸分違わぬ同一半径を以て反復重過することは出来ない。特に圓弧型の運動の場合は一圓周を描く毎に幾分のずれがあり一旦運動半径は縮少しつつ再び増大するが如くに進行しつつ此運動を繰返すもの (第2圖 D) もある。透明な硝子板の裏から此運動を仰いで見るときは、虫体は尾脚より順次前方の脚へと順次りに脚が前進運動を起し各体節はそれに伴つて旋回側へ彎曲しつつ前進し体全体の彎曲度が減じてくると再び体前方は一時彎曲度を増して内側に曲り、その位置から次の

全脚の運びが行われるからサーカス運動の圓周は少しづつ前方へずれが生じてくる。



第2圖 サーカス運動に於ける圓周のずれの變化を順次に示している。

A : 圓輪型のサーカス運動  
B : 圓弧型の代表的サーカス運動。C, D : 圓弧型サーカス運動に於ける圓周のずれ明瞭なるもの。E : 圓周のずれ著しきサーカス運動。(以上凡て實物大) 矢印は前進旋回方向。



第3圖 圓弧型サーカス運動の進路(實物大) 太い線は幼虫体を示す。

今以上の運動の中、圓輪型の場合、サーカス運動の半径を  $r$ 、圓周即彎曲した虫体の長さを  $l$  とすれば  $r = \frac{l}{2\pi}$ 、又圓弧型の場合、運動の半径を  $r$ 、彎曲した虫体の長さを  $l$ 、この体のなす圓弧を  $\alpha$  (弧度) で表わすならば  $r = \frac{l}{\alpha}$  の關係が成立する。今圓弧型サーカス運動をなす10個体につきその足跡の描いた圓及び運動中の任意の位置に於ける實體長 ( $l$ ) 及び approximately に求めた半径 ( $r$ ) から弧度 ( $\alpha$ ) を求め (第3圖)  $\frac{\alpha}{\pi} = \frac{x}{180}$  即  $x = \frac{\alpha \times 180}{\pi}$  を用いて、この弧度の理論的中心角換算値 ( $x$ ) を算出し、之と圖形に於ける實測中心角 ( $A$ ) を求めて比較した結果は第2表の如く各個体は略々圓を描きて旋回することが分り 就中實驗個体 6, 9, 10の如きはその好例である。尙以上の運動以上に其の損傷度の輕微な個体及第2圖Eの如くその彎曲度は低下し其運動も半径のずれが著しくなつて幾つものループを描いて一方側への旋回

運動を行うのを見た。

第 2 表 サークス運動に於ける中心角 (長さの単位 mm)

個体番號	半径 (r)	虫体長 (l)	弧度 ( $\alpha$ )	中心角 (x) (理論値)	中心角 (A) (實測値)	$x \sim A$
1	9	31	3.4	194	180	14.0
2	8	30	3.7	217.3	215	2.3
3	11	31	2.8	160.3	154	6.3
4	10	41	4.1	234.8	231	3.8
5	9.5	30	3.2	183.2	180	3.2
6	8	37	4.6	263.4	265	1.6
7	10	45	4.5	257.7	261	3.3
8	13	34	2.6	148.9	138	10.9
9	18	30	1.6	91.6	90	1.6
10	11	37	3.3	189.0	190	1.0

## 考 察

以上の實驗結果より左右孰れか一方側の腦を損傷した個体は必ず非損傷側へ彎曲し而もその方向へのみ一方的なサークス運動を行うのは次の如き機制によるものと考えられる。尤も無手術正常なる個体は必ず光の方へ直進し又方向轉換をも行うことは、J. Loeb の走光性定位機制に於ける筋張力説 (Muscle tension theory) によつて幼虫の形態的相稱面は同時に生理的並に動的相稱面であり、同一時間内に生成される光化學反應物質は兩眼に於て相等しく從つて興奮した腦中樞よりのインパルスは傳達せられて實行器たる筋肉の相稱面の張力が均等になるから虫は直進し又その張力の差は張力の大なる方への方向轉換を行うという principle に従下えるが本實驗に於ける腦組織の損傷はその機能的均等が破られ、手術側の腦の機能低下は支配下の筋張力が衰える結果非手術側の筋は自然一方的に緊張し同側の各環節筋の緊張は全体としてのその側への彎曲を招來する。即非損傷側へ彎曲した強制姿勢を執り而も斯る強制姿勢が持續せられるのである。而してモンシロテフ幼虫の歩行形式は他の典型的鱗翅目幼虫と同様に先づ尾脚を前方へ送り次で順次前足の脚を順者に前進移動させると同時に各体環節も前方へ送られる。この時個々に彎曲した各環節が、彎曲した全体として前方へ送られる結果一方側へのサークス運動が強制されることになる。而して手術側の筋肉弛緩の度が高い程、体の彎曲度が高度となるからその maximum に於ては圓輪型の体形を以て minimum のコースを通過する如く歩み、それより低度の弛緩の場合は彎曲度も低度となるが故に漸次半径大なるサークス運動即圓弧型運動を行うようになるようであつて此種腦損傷に基因するサークス運動の場合單眼の存在とは無關係に旋回運動を行うことは著者のバツタ、ハナアブの實驗によつて明かである。

尙被實驗個体の進路追跡の現實が其半径に少しづつずれのあるのは嚴格なる意味に於て腦機能の全面的逸脱ではない爲めに手術側の神經中樞機能は多少は存在し得るから且又生物体なるが故に歩行運動中、体の彎曲度にはある限度内に於ける増減が可能であつて嚴格なる意味での同一半径保持が不可能なのであると考えられる。

## 参 考 文 献

- 1 八 木 誠 政 (昭和 5年) : コバネイナゴに於ける Reflex と其中樞について昆虫 Vol. 4. No. 1.
- 2 柘 植 秀 臣 (昭和11年) : 實驗神經學
- 3 林 彌 (昭和11年) : 思想と生理
- 4 中 西 政 周 (昭和17年) : 骨 骼 筋 ト ー ヌ ス 及 疲 勞 の 研 究
- 5 田 崎 一 二 (昭和19年) : 神 經 纖 維 の 生 理 學
- 6 加 藤 元 一 (昭和19年) : 生 理 學 上
- 7 本 城 市 次 郎 (昭和23年) : 動 物 の 趨 性
- 8 二 宮 榮 一 (昭和26年) : ハナアブの反射と其中樞について、長崎大尊尊部理科研究報告第1號  
PP.22-25
- 9 同 上 (同 上 ) : ハナアブの行動と前大脳との關係について同上 PP.26-32
- 10 同 上 (同 上 ) : バツタの中部前大脳と旋回運動について同上 PP.33-41